ESTUDIO DEL PRESECADO Y NATRIFICACIÓN "IN SITU" DE LA BENTONITA DEL TIPO I DEL YACIMIENTO "MANAGUA".

Emilio Montejo Serrano [(1)]

Pág. 3-11

Con vista a solucionar problemas tecnológicos existentes en la planta de natrificación de bentonita de Jaruco, perteneciente a la Empresa Geominera Habana – Matanzas, la presente investigación tuvo como objetivo estudiar las pruebas en escala ampliada (Parte 2), de presecado y natrificación "in situ" de la bentonita del tipo I del yacimiento "Managua". Las pruebas de campo consistieron en la preparación de un Lote Experimental de bentonita del tipo I, que se dividió en 3 sublotes que fueron natrificados "in situ" a distintos niveles de dosificación de carbonato de sodio. Se caracterizaron las muestras del mineral natural después de natrificada y se estudió la cinética del oreo en las condiciones de la temporada seca en la zona. Las pruebas industriales de procesamiento de la Bentonita presecada y natrificada "in situ demostraron que es posible operar la instalación de Jaruco obteniendo un producto de calidad exportable con la Bentonita del Tipo I del yacimiento "Managua" utilizando carbonato de sodio, la cinética del proceso de oreo del mineral, en las condiciones estudiadas, permitió alcanzar un % de humedad aceptable para una mejor manipulación del mineral, así como la dosificación de carbonato de sodio empleada garantizo el mejoramiento de las propiedades de la Bentonita Natural que permiten satisfacer los requerimientos para la exportación de BENTOMAT.

Palabras claves: Bentonita, presecado, natrificación in situ

ABSTRACT

To solve the technological problems in the bentonitenatrification plant in Jaruco, which belongs to the Geominera Habana-Matanzas Enterprise, the present investigation had as objective the study by tests at wide scale (Part 2) of pre-drying and natrification*in situ* of the bentonite type I from the "Managua" deposit. The field tests consisted in the preparation of an Experimental Lot of bentonite type I, which was divided in 3 sub-lots to be natrified*in situ* at different sodium carbonate doses. The samples of natural mineral were characterized after natrification and the drying kinetics was studied under the conditions of the dry season in the zone. The industrial tests of processing of the pre-dried and natrifiedbentonite demonstrated that it is possible to operate the Jaruco facility obtaining an exportable quality product with the bentonite type I from "Managua" deposit by using sodium carbonate, the drying process kinetics of the mineral, under the studied conditions, permitted to achieve an acceptable % of humidity for a better handling of the mineral as well as the dose of sodium carbonate used guaranteed the improvement of the natural bentonite properties to satisfy the requirements for exporting BENTOMAT.

Keywords: Bentonite, pre-drying, natrification*in situ*

Recibido: 4 de enero del 2011
Aprobado en su forma original: 3de febrero del 2011

(1) Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica (CIPIMM), Carretera Varona km 1½, No. 12028, Boyeros, Ciudad Habana, Cuba. montejo@ipimm.minbas.cu

INTRODUCCIÓN

En el proceso de producción de bentonita natrificada en la Fabrica Gustavo Machín de Jaruco, la adición de Na_2CO_3 (agente natrificante) se realizaba después del proceso de secado de la bentonita, donde esta queda con un 6-8 % de humedad (se añade ese reactivo en el proceso de molienda), ocurriendo la reacción de natrificación entre sólidos casi secos, lo que la hace muy lenta. Actualmente el proceso ha variado, pues se está exportando la bentonita natrificada con otras características granulométricas y no se pulveriza el mineral, por lo que se natrifica antes de alimentar al secado en los patios de la planta.

Por otro lado la bentonita natural posee un alto grado de humedad (35-40 %) y al minarse se producen grandes aglomerados, que después son muy difíciles de manipular y alimentar a la planta de secado, además el alto grado de humedad incrementa el consumo de combustible en el secado.

Durante el año 2000 se ejecutaron las pruebas de presecado y natrificado “in situ” de la Bentonita del Tipo I del yacimiento “Managua” a escala de laboratorio. Los resultados alcanzados demostraron que era posible el empleo de esta tecnología para tratar el mineral de Tipo I del yacimiento “Managua”, lográndose mejorar notablemente las propiedades de la Bentonita aunque algunos parámetros de calidad no alcanzaron los índices establecidos en las condiciones estudiadas.

No obstante se logró disminuir la humedad del material entre 10-15 % y un mayor grado de desterronamiento, lo que permite una mejor manipulación y un ahorro considerable de combustible. Montejo (1996, 2000).

El objetivo de este estudio es comprobar a escala ampliada los resultados alcanzados en el laboratorio aumentándose el nivel de natrificación (% Na_2CO_3), así como mejorar los índices de eficiencia de la planta de procesamiento de este mineral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar las posibilidades de empleo en los distintos usos industriales a las muestras se le evaluaron las siguientes propiedades:

PROPIEDAD	NORMA EMPLEADA
Capacidad de intercambio de cationes total (CICT)	CICT Norma CIPIMM NA.
pH	Norma CIPIMM NA
Hinchabilidad	ASTM D-5890-95
Gasto Coloidal	Norma Empresa (Anexo 2)
Pérdidas por filtración	OCMA DFCP-4

Las pruebas de rendimiento ponderal y pérdidas por filtración se realizaron en el laboratorio de fluidos de perforación y cementación del CEINPET.

- ✓ Preparación del lote experimental.

De la zona en explotación en el yacimiento “Managua” se seleccionó por los especialistas geólogos y mineros de la Empresa Habana - Matanzas, un área para minar ≈ 150 t (base seca) de la Bentonita del tipo I, que es la que se procesa industrialmente. A dicha

área se le denomino Lote Experimental I.

✓ Presecado y Natrificación "in situ".

Ubicado el lote experimental I y realizada la eliminación de la capa superior alterada (seca), se realizó el muestreo del mineral "in situ". La muestra tomada constituye la muestra natural de Bentonita del Tipo I. Después de este muestreo se realizó la preparación del lote para el proceso de natrificación y presecado in situ por los siguientes pasos:

1. El terreno fue arado por medio de una grada en una sola dirección. Esto se debió a que el destape del yacimiento estaba al lado del lote experimental, lo que impedía el cruce que debía contribuir al desterronamiento, secado y una mejor distribución del agente natrificante (Na_2CO_3) en el mineral.
2. Natrificación de forma manual con 1/4 de la cantidad establecida para el sublote, tratando de distribuirlo lo más uniforme posible.
3. Paso del arado a lo largo del sublote (no se pudo cruzar).
4. Se realizan 3 natrificación más repitiendo los pasos 2-3. Entre las dos primeras natrificaciones y las dos últimas existió un día de diferencia.
5. A los 5 días de comenzado el proceso se pasó 2 veces el tractor con un rastrillo para remover y desmenuzar el material de cada sublote.

En la Tabla 1 aparecen los parámetros principales del lote según diseño y en la Tabla 2 los resultados reales.

Tabla 1.- Parámetros de los Sublotes según diseño.

Sublote	Dosificación Na_2CO_3 (%)	Volumen Mineral (m^3)	Cant. Mineral Seco (t)	Cantidad Na_2CO_3 (Kg)
1	2	50.0	50.0	1000
2	4	50.0	50.0	2000
3	6	50.0	50.0	3000

Tabla 2.- Parámetros reales de los Sublotes.

Sublote	Peso Mineral* húmedo (t)	% Humedad de Traslado	Peso Mineral Seco(t)	Cantidad Na_2CO_3 (kg)	Dosificación Real Na_2CO_3 (%)
1	52.5	17.24	43.4	1000.0	2.3
2	61.8	17.18	51.2	2000.0	3.9
3	76.4	18.64	62.1	3000.0	4.8

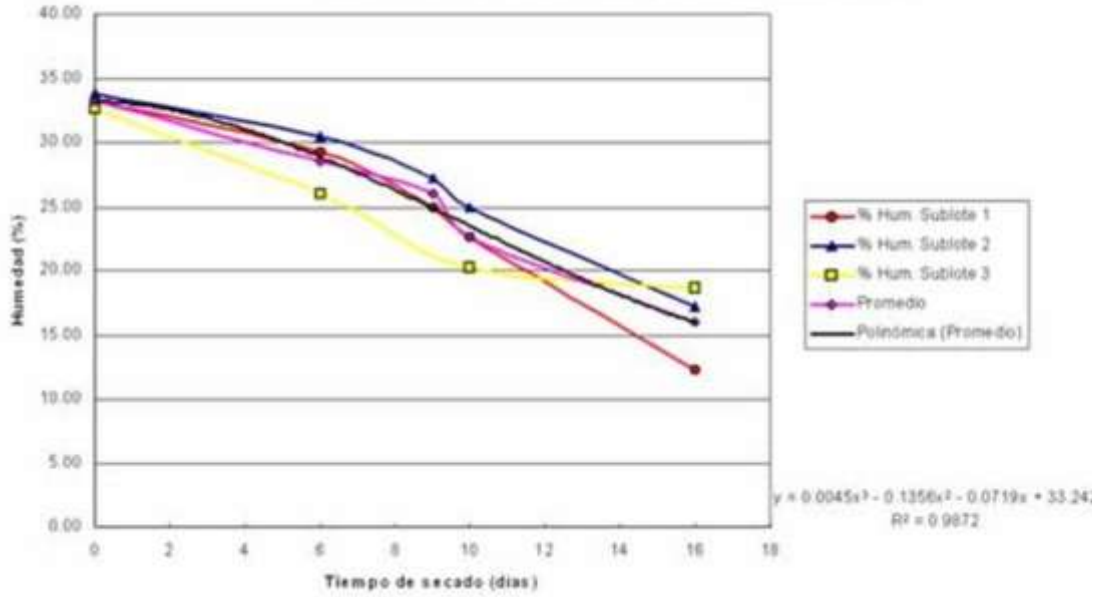
* Por pesaje de los camiones

Como puede observarse excepto en el sublote 3 los parámetros reales se comportaron de forma similar a los del diseño de la prueba. En el caso del sublote 3 se debió fundamentalmente a que la profundidad de la preparación del sublote fue más profunda (≈3 cm más), lo que hizo que el material procesado fuera mayor disminuyendo la dosificación respecto al diseño. Esto indica que la preparación es muy sensible a la profundidad de roturación

y esto debe tenerse en cuenta en los procedimientos de explotación del yacimiento, pues puede traer errores graves en la dosificación del material.

En la figura 1 aparecen las curvas de secado a la atmósfera de los minerales de los sublotes. En sentido general las curvas son muy similares y se puede decir que la cinética del secado es lenta, pese a haberse realizado en periodo de seca, lo cual es característico de las arcillas bentoniticas, donde se absorbe grandes cantidades de agua entre las capas interlaminares de su estructura. No obstante en un período de 9-10 días la humedad del mineral disminuye a valores inferiores al 25%, en esas condiciones el mineral se manipula sin dificultad y puede recolectarse y trasladarse a la planta. Si la remoción del mineral se pudiera haber realizado cruzando el lote, esto pudiera haber disminuido aún más el tiempo de secado.

Fig. 1 Curvas de Secado. Bentonita yacimiento "Managua". Espesor roturado= 15 cm. Periodo: Enero - Febrero (Seca).



- ✓ Caracterización de los Productos del Lote.

El mineral se recolectó a los 16 días de comenzado el proceso de presecado y natrificación “in situ” y se trasladó en camiones hasta almacenes techados en la fábrica “Gustavo Machín” de Jaruco. A la muestra tomada antes de natrificación del Lote se le denominó Cabeza Natural y a las muestras de cada Sublote tomada en el momento del traslado del yacimiento hacia los almacenes se le denominó Cabeza Natrificada.

Los resultados de la caracterización de las muestras, aparecen en la Tabla 3.

Tabla 3.- Resultados de la Caracterización de las muestras del lote experimental No.1.

Muestra	Dosif. Na_2CO_3 (%)	Cap. Intercambio Catiónico (meq/100g)		PH	Hinchabilidad (ml/2g)	Grado coloi-dal (%)	Pérdida por filtración (ml)	Observaciones
		Na	Total					
Cabeza natural	0.0	2.72	63.70	5.98	9.3	37	114.7	Muestreo antes de dosificar el carbonato
Sublote 1 Cabeza Natrificada	2.3	43.34	67.95	9.14	19.0	98	22.7	Muestreo al recolectar el sublote
Sublote 2 Cabeza Natrificada	3.9	53.32	63.82	9.35	21.0	97	25.0	Muestreo al recolectar el sublote
Sublote 3 Cabeza Natrificada	4.8	61.11	67.84	9.59	21.0	98	26.7	Muestreo al recolectar el sublote

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

✓ Análisis de los Resultados Obtenidos en la Preparación del Lote Experimental.

El proceso de presecado y natrificación "in situ" permiten mejorar el grado de distribución del carbonato en el mineral, superior a la forma en que se realizaba en el patio de la fábrica, similar al empleado en las pruebas realizadas en el yacimiento (Montejo, 1996).

Durante el proceso de secado la humedad del mismo disminuye lentamente, pero en un período de 9-10 días se logra disminuir la humedad a valores inferiores al 25%.

La ubicación del lote experimental no permitió el cruce del arado, lo cual hubiera favorecido el secado y la homogenización. El estar rodeado de elevaciones trajo un efecto negativo adicional, pues se limitaba la circulación del aire disminuyendo su efecto en el secado.

De la caracterización de los productos (ver tabla 3), se aprecia el efecto notable que tiene la natrificación sobre las propiedades de la Bentonita, las que mejoran a medida que se incrementa la dosificación (Hinchabilidad, capacidad de intercambio de Na^+, pH, etc.).

La capacidad de intercambio de Na se incrementa notablemente con la dosificación del carbonato de sodio, lo cual denota la eficiencia de la sustitución del ión de intercambio (interlaminar) por ión sodio (objetivo de la natrificación de la arcilla) y se alcanza prácticamente un intercambio total en sodio al nivel de natrificación del 4.8 %, lo que significa que es el nivel máximo requerido para completar el proceso de sustitución en esta muestra de acuerdo a lo estudiado en (García y Suárez, 2009).

En el caso de la hinchabilidad el resultado de los sublotes 2 y 3 se logran incrementos de 125 % y se acercan bastante a la especificación de calidad exigida para la exportación (24 ml/2g).

Respecto a las perdidas por filtración se incumple las exigencias, pues los resultados alcanzados son superiores a las exigidas (máximo de perdidas 18 ml), pero tienen una extraordinaria mejoría respecto a la muestra in natrificar. El pH como es lógico se incrementa con la dosificación.

✓ **Procesamiento industrial de los sublotes.**

El objetivo de esta fase del trabajo era probar en las condiciones de la planta industrial el empleo de la materia prima procesada por el procedimiento desarrollado en el CIPIMM de natrificación y presecado “in situ”, que mejora las propiedades de la materia prima y permite una mejor manipulación.

La planta tenía interés en procesar la bentonita para obtener un producto denominado “BentomatClay” para la exportación, para su empleo en la fabricación de Geomenbranas para impermeabilización de construcciones. Las especificaciones principales de calidad exigidas eran:
Mineral: Bentonita.
Hinchabilidad: 20 ml/2 g (mínimo).
Humedad: 15 & (máximo)
Granulometría:

+ 1.8 mm - 20 % máx.
- 1.8 + 0.6 mm - 50 % min.
- 0.6 mm - 30 % máx.

✓ **Pruebas Desarrolladas.**

Las pruebas se realizaron en la nueva planta de Bentonita de Jaruco. En el momento de la llegada a la planta se procesaba como promedio 1.5 t/h, con muchas interrupciones debido a sobrealimentaciones al horno, que provocaban la disminución de la temperatura de salida de los gases y sobrecarga en el sistema fundamentalmente en las zarandas de clasificación.

Antes de iniciarse las pruebas industriales con el material natrificado y presecado “in situ”, se ejecutaron dos modificaciones para la buena operación de la planta y que fueron:

- Incremento de la intensidad moledora del molino de martillos que se logró instalando un martillo adicional en cada hilera.
- Recirculación de la fracción gruesa +2 mm de la zaranda al molino.

Se elaboró para la buena ejecución de las pruebas el Manual de Instrucciones, donde se recoge el objetivo de las mismas, la forma de operación en las nuevas condiciones (alimentación estable y recirculación de gruesos), los puntos de control y muestreos, el modelaje a llevar, etc.

El empleo del mineral procedente del procedimiento de natrificación y presecado “in situ” permitió alimentar de forma estable y controlada la alimentación al secador (al no tener grandes aglomerados), que era una de las dificultades mayores que tenía la planta, lo que unido a la disminución de la humedad de entrada del mineral, incremento el nivel de procesamiento.
La recirculación de gruesos con la modificación realizada al molino fue un éxito, pues estos constituían un problema de almacenamiento de un producto intermedio, además de incrementar el rendimiento de fracción útil de exportación (BENTOMAT).

Los resultados obtenidos en las pruebas industriales de procesamiento de los sublotes se recogen en la Tabla 4, mientras en la Tabla 5 aparece la caracterización de los productos finales. En la tabla 6 aparecen los resultados obtenidos con las pruebas industriales del procesamiento de los minerales natrificados y procesados “in situ” respecto a los datos estadísticos de la planta previos a la prueba.

Tabla 4. Resultados del Procesamiento Industrial de los Sublotes.

SUB LOTE	Flujo Prom. Alimentación (t/h.)	Rendimiento (%)		
		BENTOMAT	Finos	Total
1	2.4	55.3	44.7	100.0
2	2.2	56.4	43.6	100.0
3	3.6	48.8	51.2	100.0
Prom	**2.7**	**53.1**	**46.9**	**100.0**

Tabla 5. Resultados de la Caracterización de los Productos del Procesamiento Industrial de los Sublotes.

SUB LOTE	PRODUCTOS	HUMEDAD (%)	GRANULOMETRIA (mm)			Hinchabilidad (ml/2g)
			+2.0	-2.0+0.6	-0.6	
1	BENTOMAT	7.6	2.1	89.5	8.4	18.0
	FINOS	7.9	0.6	44.9	54.5	13.5
2	BENTOMAT	5.7	1.4	89.2	9.4	22.5
	FINOS	5.3	0.3	41.3	58.5	18.0
3	BENTOMAT	7.3	13.0	78.4	8.7	25.0
	FINOS	7.0	0.5	36.9	62.7	24.0

Tabla 6. Resultados alcanzados de las pruebas comparadas con los datos estadísticos de la Planta Montejo, et al. (2006).

Índice	ETAPA 1 (1)	ETAPA 2 (2)	Pruebas Industriales (3)	Incrementos (%)		
				(3/1)	(3/2)	(2/1)
Capacidad de Procesamiento. (t/h)	0.5	1.6	3.6*	620	125	220
Recirculación de Gruesos.	No	No	Si			
Rend. en Peso BENTOMAT (%)	-	40.0	53.1	-	25	-
Hinchabilidad BENTOMAT (ml/2g)	22.0	25.0	25.0	15	0	15

* Referida al Sublote 3.

ETAPA 1: Cuando aún no se había implementado el presecado y natrificación in situ en el yacimiento, Alimentándose el mineral con una altísima humedad a la planta.

ETAPA 2: Cuando ya se alimentaba la planta con un mineral presecado y natrificado en el yacimiento y por lo tanto con un grado mucho menor de humedad (No se había implementado la recirculación de gruesos, ni modificado el molino de martillos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Los resultados demuestran que la dosificación de carbonato de alrededor de 5 % determina un mejoramiento de las propiedades de la Bentonita del tipo I para que cumpla con los principales indicadores del BENTOMAT para la exportación, como son la Hinchabilidad y Humedad.

Respecto al rendimiento del BENTOMAT (fracción útil para la exportación) se incrementa en un 25% respecto a antes de recircular los gruesos, no obstante es posible incrementar el rendimiento a un 70% ó más si se emplean en las zarandas mallas más apropiadas como son:

- Paño superior 2.5 mm (en vez de 2.0 mm)
- Paño inferior 0.6 mm (en vez de 0.8 mm)

Esto se basa en que el BENTOMAT obtenido admite más de un 10 % de material grueso y casi un 20 % de material fino.

El empleo de los tamices recomendados debe aprovechar mejor la especificación granulométrica con vista a incrementar el rendimiento de la fracción útil. También el cambio de mallas debe tener un efecto positivo en el trabajo de las zarandas, lo que pudiera reflejarse en un incremento en la capacidad de procesamiento, pues las zarandas constituyen el cuello de botella de la operación de la planta.

Desde el punto de vista de operación la implementación del Presecado y Natrificación "In Situ" de la Bentonita tiene un efecto muy positivo sobre la eficiencia industrial, tal como se puede apreciar en la Tabla 6 donde se comparan los resultados alcanzados en las pruebas, con los datos estadísticos de la planta que a continuación se señalan:

En la misma se ve que existe un incremento notable en la capacidad de procesamiento y en el rendimiento de BENTOMAT. Se logró en ocasiones trabajar de forma estable a un flujo de hasta 4 Ton/hrs, pese a que se recirculaban los gruesos.

Como aspecto adicional se puede por los datos estadísticos de la planta aseverar que se logran ahorros significativos en el consumo de combustibles del orden del 300 %.

La calidad es similar a la Etapa 2, pues en ella ya se empezó a aplicar el procedimiento de natrificación y presecado "in situ", investigado en fase de laboratorio.

Los costos unitarios de la prueba no se evaluaron, pero ya de la comparación entre la Etapa 1 y Etapa 2 indica una disminución de casi un 50 %, por emplear el procedimiento del presecado y natrificación "in situ".

CONCLUSIONES

1. El Procedimiento de Presecado y Natrificación "In Situ" es factible de aplicar para la explotación industrial de la Bentonita del yacimiento "Managua".

2. Pese a las condiciones desfavorables de ubicación del lote experimental, en un periodo de 9-10 días se alcanza un % de humedad inferior al 25 %, lo que permite una fácil manipulación del mineral.

3. Es necesaria una dosificación de Carbonato de Sodio no menor de 5 % para garantizar un mejoramiento de las propiedades de la Bentonita Natural que permitan satisfacer los requerimientos para la exportación (BENTOMAT).

4. Las pruebas industriales de procesamiento de la Bentonita presecada y natrificada "in situ demostraron que es posible operar la instalación de Jaruco en las siguientes condiciones:
   - Capacidad de procesamiento: 3-4 t/h.
   - Rendimiento en Peso de BENTOMAT: > 50 %.
   - Recirculando los gruesos al molino.

   Ahorro de un 300 % en el consumo de combustible (Crudo Nac). Esto permite una disminución sustancial de los costos de producción.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar a escala industrial el procedimiento de natrificación y presecado in situ de Bentonita, para la explotación del yacimiento "Managua", hasta tanto no se disponga de una planta de procesamiento vía húmeda. Para esto es necesario contar con los recursos requeridos en la temporada de seca tales como:
   - Carbonato de sodio.

- Combustible.
- Equipos de carga y transporte.
- Capacidad de almacenaje bajo techo suficiente para el acopio del mineral requerido para la producción del año.

2. Aplicar la propuesta de sustitución de tamices en la zaranda de clasificación para incrementar el rendimiento de la fracción útil de exportación (BENTOMAT CLAY).
3. Tener en cuenta en el procedimiento de la explotación minera el control estricto de la profundidad de la roturación por lo sensible que es la cantidad de material removido a este parámetro, lo que puede provocar graves errores en la dosificación de carbonato y el efecto perjudicial que tiene tanto un defecto en la calidad de los productos y un exceso del reactivo en la economía del proceso.

BIBLIOGRAFIA

Aja, Rafael y Maquintoche, Reynaldo. 1984. Informe Preliminar de la Natrificación de la Bentonita Managua (Informe Vario No. 584). La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica.

García Romero, Emilia; Suárez Barrios, Mercedes. Las Arcillas: Propiedades y Usos. [En línea]http:/ www.uclm.es / (consulta: 17 mar. 2009)

Montejo, Emilio. 1996. Informe de las pruebas de natrificación “in situ” de la Bentonita del yacimiento “Managua” (Informe Vario No.1216). La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica.

Montejo, E.; Álvarez I. y Otros. 2000. Estudio del Presecado y Natrificación “In Situ” de la Bentonita del Yacimiento “Managua”. (Informe de Investigación No.97). La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica.

Montejo, Emilio; Castellanos, José y Otros. 2006. Tecnologías para el aprovechamiento de minerales de naturaleza arcillosa. PROCEMIN. Santiago de Chile, Chile. (Memorias).

Saunders, Enrique. 77. Estudio para estabilizar la producción y Calidad de la Bentonita Natrificada en la nueva Planta para consumo nacional y fines exportables. Dpto. Técnico de Desarrollo. Empresa Minera Habana.